Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Beiträge zur Geologie des Nordapennin und der angrenzenden Alpen

Von

Leopold Kober

(Mit 4 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. Mai 1927)

I. Einleitung.

Zwei Probleme beschäftigen die neuere Geologie des Apennin. Erstens: Gibt es einen Deckenbau im Apennin? Welcherart ist dieser? Zweitens: Wie ist das Verhältnis von Alpen und Apennin?

Es ist bekannt, daß sich die italienischen Geologen zur Frage des Deckenbaues des Apennin sehr ablehnend verhalten, obwohl doch schon seit 20 Jahren hervorragende alpine Geologen, wie Argand und Lugeon, Steinmann und Termier Deckenstrukturen in den verschiedensten Teilen der italienischen Halbinsel nachgewiesen haben. So ist diese Frage trotz des Widerspruches von seiten der italienischen Kollegen zugunsten der modernen alpinen Erfahrungen entschieden. Dieser Anschauung konnte ich 1914 beitreten. Es fragt sich nur, welcherart der Deckenbau des Apennin ist.

Darauf hat die Exkursion, die Steinmann und Tilmann in der Zeit vom 28. März bis 12. April 1927 in den Nordapennin geführt haben, eine befriedigende Antwort gegeben. Wir können im Apennin von Florenz bis Genua drei große Deckensysteme unterscheiden: das apuanische, das toskanische und das ligurische. Wir kommen damit im Prinzip zur gleichen Lösung wie sie seit 1907 von Steinmann angebahnt, 1911 von Termier weitergeführt, von Lencewicz 1917 endlich durchgeführt worden ist. Drei apenninische Deckensysteme hatte ich auch 1914 auf Grund der vorhandenen Literatur angenommen.

Neben dieser Frage ist von gleich großem Interesse die alpin-apenninische Grenzführung. Gibt es eine Grenze? Bekanntlich wird die Frage ebensosehr verneint, wie bejaht. E. Suess nahm an, daß die Alpen in dem Apennin fortsetzen. Termier suchte zu zeigen, daß sich zwischen die Alpen und den Apennin das ligurische Massiv einschiebe. Nach Steinmann besteht gleichfalls zwischen beiden Gebirgen eine scharfe Grenze. Staub verbindet sie neuerdings zu einer Einheit. Kober scheidet dagegen Alpen und Apennin in der gleichen Weise wie Alpen und Dinariden.

Auch auf diese Frage hat die Exkursion, die Termier in das Gebiet von Savona, in das von Genua geführt hat — im Anschlusse

an die Exkursionen Steinmanns und Tilmanns — neue Erfahrungen gebracht. Wir können feststellen: Es existiert eine Grenze zwischen Alpen und Apennin. Die alpin-apenninische Grenze ist von der gleichen Art wie die alpin-dinarische Linie.

Von dieser Grenze geht der Deckenbau der Alpen gegen W, der des Apennin gegen O. Es besteht für das alpin-apenninische Orogen das Orogengesetz der Zweiseitigkeit.

Bevor ich nun im einzelnen die Beobachtungen wiedergebe, möchte ich allen Führern dieser so lehrreichen Exkursion nochmals herzlichst danken. Ebenso bin ich auch der Akademie der Wissenschaften in Wien, im besonderen unserem Altmeister F. Becke, sowie dem österreichischen Bundesministerium für Unterricht für die Gewährung einer Subvention zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

II. Die Decken des Apennin.

Es sind geradezu klassische Profile, die Steinmann und Tilmann in der Umgebung von Pisa, Livorno, von Florenz, Prato (Figline), Massa, Carrara, Aulla, Bobbio und Rovegno zeigen konnten. Man kann nicht verstehen, wie die italienischen Kollegen an der klaren Großartigkeit des Deckenbaues des Apennin vorbeigehen können. Es enthüllt sich in diesen Profilen ein Deckenbau, der in seinen Dimensionen noch den der Alpen übertrifft. Das klingt überraschend. Doch ist es so; denn die oberste apenninische Schubmasse der »grünen Gesteine« und der Radiolarite reicht mindestens von Elba bis an das autochthone Mesozoikum der Abruzzen. Das ergibt eine Schubweite von 200 *km*.

Nehmen wir die Abruzzen als autochthon an — vergleichbar etwa dem Helvetischen —, so ist der ganze übrige Apennin Deckenland. Die Exkursion hat gezeigt, daß man im allgemeinen drei Schubmassen erster Ordnung anzunehmen hat.

Die tiefste Serie erscheint in den Aufbrüchen der Apuaner Alpen. Termier hatte schon diese Gebiete als eigene Decke abgegrenzt. Ihm folgte mit Recht Lencewicz und neuerdings Tilmann. Lencewicz teilte die Serie von Carrara seiner tiefsten »kalabrischen Decke« zu. Tilmann faßt die Carraraserie als tiefere Teildecke des Kalkapennin, der «Toskaniden« auf. Er glaubt, daß dieser Teilung geringere Bedeutung zukomme.

Meiner Beobachtung und Erfahrung nach ist **die apuanische Serie von Carrara** eine selbständige Einheit. Man kann sogar sagen, daß zwischen der Serie von Carrara und den darüberliegenden Toskaniden eine größere tektonische Diskordanz durchgeht als zwischen diesen und den Liguriden. Zumindestens ist die Serie von Carrara dem ganzen tektonischen Aufbau nach von der gleichen Größenordnung wie die beiden anderen.

Das geht schon daraus hervor, daß die Carraraserie stets metamorph ist. Stellenweise ist die Metamorphose überraschend hoch. Es ist eine regionale Metamorphose, die besonders in den

Lias-Jura-Marmoren von Carrara erscheint. Die Schichtenfolge dieser Schubmasse umfaßt Altkrystallin, apenninisches Mesozoikum und Schiefer des Alttertiärs.

Im Profil von La Foce nach Colonnata kann man in der Carraraserie deutlich zwei Schubmassen scheiden. Die tiefere umfaßt das Altkrystallin von Forno, die Triaskalke und Dolomite, die Liasmarmore. Über dieser mächtigen kalkigen (dolomitischen) Serie folgt eine mehr schieferige Zone. Diese besteht aus (mächtigem) Verrucano, aus einem schmalen Triasbande. Darüber folgen Liaskalke, schwarze Phyllite, dann noch Breccien von der Art, wie wir sie auch in den Radstädter Tauern haben. Über dieser oberen Carraraserie folgt mit Karbon-Perm-Schiefern (Grünschiefer und Verrucano) die Trias der toskanischen Serie.

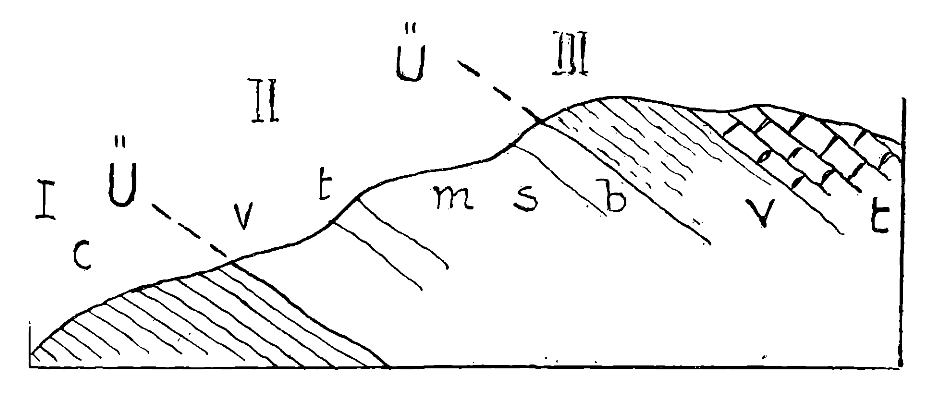


Fig. 1. Profil von Colonnata gegen La Foce. I. Untere Carraraserie. *C* = Liasmarmore. II. Obere Carraraserie. *V* = Verrucano. *t* = Trias(dolomit). *m* = Liaskalke. *s* = schwarze Schiefer. *b* = Breccien. III. Toskanische Schubmasse. *V* = Verrucano mit Schiefern und Diabasen. *t* = Triaskalke. Darüber Jura, Kreide und Macigno.

Ich habe noch kein Profil gesehen, wo man so überraschend schnell aus einer nicht metamorphen Serie in eine metamorphe gelangt, wie das beim Abstiege nach Colonnata der Fall war. Woher kommt dieses so auffällige Bild? Diese Frage drängt sich unwillkürlich jedem auf, der in den Marmorbrüchen von Carrara steht und die nicht metamorphe toskanische Trias auf den Marmoren auflagern sieht.

Wie gelangt diese Trias auf die Liasmarmore? Damit kommen wir zu einem der merkwürdigsten Kapitel apenninischer Geologie. Lotti hat schon in dem Monte Pisano (bei Pisa) erkannt, daß über Lias typischer Verrucano liegt. So kam er zur Annahme einer lokalen Überschiebung. Fuccini sieht trotzdem in dieser »Schichtfolge« einen normalen Bau. So zeichnen auch Lotti und Zaccagna ihre schönen Profile und Karten der Apuaner Alpen in der Vorstellung, daß vom »Perm« von Forno bis zum Macigno hinauf eine einheitliche Schichtenfolge vorliege. Diese ist wohl gefaltet, aber die so

auffälligen »scisti sopra marmi« — unser Verrucano und sogar noch Altkrystallin (bei S. Anna im Val di Castello) — werden als normale Serien eingereiht, der mittleren Trias, in anderen Fällen dem Neokom (Wealden) zugeteilt. Tilmann gibt an, daß Fuccini aus solchen Gesteinen eine Wealden-Fauna beschreiben konnte.

Ich glaube, daß alle beteiligten Fachleute in dieser Hinsicht einer Auffassung sind. Tilmann hat vollständig recht, wenn er die schon von Lotti gegebene lokale Auffassung erweitert. Über die Verrucanonatur dieser Gesteine kann nicht der geringste Zweifel bestehen. Damit ist die tektonische Seite dieses Problems apenninischer Geologie eindeutig geklärt. In Carrara liegt eben Deckenbau vor. Diese Annahme erklärt mit einem Schlage alle Verhältnisse: die Lagerung, die Metamorphose.

Im Profil des Rio Orto di donne, zwischen dem M. Pisanino und dem P. di Uccello (bei Ugliancaldo), erscheint über der eigentlichen Carraraserie und unter den Toskaniden eine Serie, die Triasdolomit, Liaskalke, Schiefer, Nummuliteneozän, vielleicht auch Macigno umfaßt. Die Serie ist metamorph und mag vielleicht obercarrarisch sein. Es wäre auch denkbar, daß sie untertoskanisch wäre. Dagegen spricht die relativ starke Metamorphose, dann der ausgeprägte schieferige Charakter der ganzen Zone. Zukünftige Forschung wird diese Gruppe im Auge behalten müssen.

Die Serie von Carrara ist eine typische apenninische Einheit. Sie tritt im Deckenbau des Apennin zu unterst auf, zeigt weitgehende tektonische Beanspruchung. Die Schichtenfolge ist besonders im Jura und in der Kreide dinarisch. Es hätte meines Erachtens nach wenig Sinn, die »Carrariden« mit den Penniden der Alpen gleichstellen zu wollen. Gewiß gibt es Anklänge im Schichtenbilde, in der Metamorphose. Im gewissen Sinne sind die Carrariden die Penniden des Apennin, d. h. sie bilden dessen tiefste bekannte metamorphe Deckenserie. Doch wäre es verfehlt, zu glauben, die Penniden der Alpen setzten in die Carrariden des Apennin fort. Pennin und Carrara sind Zonen zweier ganz verschiedener Gebirge. Die Serie von Carrara ist relativ autochthon.

Die nächste große Schubmasse des Apennin bilden **die Toskaniden.** Sie liegen über Carrara und unter der ligurischen Serie der »grünen Gesteine«. Die Toskaniden bilden also die obere Abteilung des Kalkapennin. Die Schubmasse ist weithin vorhanden. Sie ist nicht oder nur in ihren tieferen Gliedern wenig metamorph. Die Schichtenfolge reicht vom Altkrystallin (Permocarbon) bis zum Alberese und zeigt in den mesozoischen Anteilen dinarischen Einschlag.

Im Monte Pisano kann man mit Tilmann eine untere und obere toskanische Decke trennen. Das lehren aufs deutlichste das Profil von San Giuliano—Monte Maggiore—Ripafratta. Hier hat Lotti bereits lokale Überschiebungen annehmen müssen. In diesen Profilen ist mit voller Klarheit zu sehen, daß über den Liaskalken, den Radiolariten, dem Pseudomacigno der tieferen Toskaniden, eine höhere

Serie folgt, die mit Verrucano, mit Triasrauhwacken einsetzt und die die normale toskanische Schichtenfolge führt.

Diese zeigt über der Trias mächtige Liaskalke, die an die grauen Kalke von Südtirol gemahnen, dann treten die Radiolarite des Oberjura hervor. Majolika, Scaglia gehören der Kreide zu. Nummulitenkalke, Macigno, dann die mächtige Kalktongruppe und endlich der Alberese sind dem Alttertiär einzureihen (Eozän bis Unteroligozän nach Steinmann). In der Kalktongruppe kann man bereits »ligurische Elemente« finden. Serpentine treten auf, dann Konglomerate mit Graniten.

Die tektonische Beanspruchung der Toskaniden ist gleichfalls groß. Man findet fast nie die ganze Schichtenfolge lückenlos. Bei Verruca folgt über dem Verrucano fast unmittelbar die obere Trias mit Rhät. In den M. Oltre Serchio konnte Tilmann mannigfaltige Schichtendeformationen zeigen. Bei Quercianella—Sonino (Livorno) liegt die ligurische Serie direkt auf Macigno. Anderswo ist wieder die Kalktongruppe mächtig entwickelt. Steinmann erblickt darin auch primäre Verhältnisse.

Gewiß werden auch solche Differenzierungen schon vorhanden gewesen sein, als die Deckenwanderungen begannen; doch wäre es verfehlt, die tektonische Deformation der Toskaniden verkennen zu wollen.

Im Val di Castello (Nord von Pietrasanta), dann in der Umgebung von Pontestazzamese konnte die Exkursion die tiefsten Glieder der Toskaniden kennen lernen. Es sind krystalline Schiefer, die z. T. Mylonite nach Glimmerschiefern sein mögen. Quarzphyllite treten hervor. Auf der Karte werden diese Gesteine als »Perm« bezeichnet. Im allgemeinen hat dieses »Altkrystallin« den gleichen Habitus wie das der Carraraserie, in dem ich oberhalb Forno auch stark gepreßte Gneise erkennen konnte. Im Val di Castello liegt das Altkrystallin der Toskaniden überschoben auf der Carraraserie von S. Anna. Die Überschiebung ist einwandfrei aufgeschlossen. Die italienischen Karten verzeichnen auch diese mindestens paläozoischen krystallinen Schiefer als »scisti sopra marmi«, also als Mesozoikum. Das wird sich wohl in Zukunft ändern müssen. Die Toskaniden haben mit ihren jungen Schichtengliedern großen Anteil am Aufbau des Nordapennin. Die triadischen Schichten treten dabei wenig hervor. Die Toskaniden erstrecken sich über die ganze Breite des Apennin. Ihre Wurzel kann also nur in der Tyrrhenis liegen, in der Linie (Narbe) von Elba.

Die oberste Schubmasse des Apennin bilden **die Liguriden.** Steinmann hatte schon 1907 davon gesprochen, daß die »grünen Gesteine« wurzellos dem Apenninflysch aufliegen. In der Tat zeichnen alle Profile der Italiener diese ligurischen Elemente auf, beziehungsweise in dem obersten Flysch liegend. So zeigen die alten Profile der Apuaner Alpen von Zaccagna pietre verdi, dann Granit schwimmend im Flysch, im Alberese. Es kann nicht der geringste Zweifel bestehen, daß diese Lagerung existiert. Die Frage ist nur:

Sind diese Schollen von Granit, von »grünen Gesteinen«, von Radiolarit sedimentär in den Flysch eingelagert — etwa nach Art des Wildflysch — oder sind sie überschoben?

Schon bei Figline kam ich angesichts einer Serpentinscholle im toskanischen Kalktonhorizont zur Auffassung, daß dieses Lagerungsverhältnis nicht unbedingt tektonisch sein müsse. Man kann auch an eine sedimentäre Einschüttung der wandernden Liguriden denken. Im Profil von Monzumano konnte Steinmann »liguride« Konglomerate mit Graniten im Kalktonflysch zeigen. So existieren solche Verhältnisse, und man kommt unwillkürlich auf den Gedanken, den italienischen Kollegen in ihrer Auffassung zu folgen. Dann gibt es natürlich keine eigene ligurische Decke. Dann sind alle diese Schollen sedimentär den Toskaniden eingelagert — auf eine Breite von etwa 200 *km*. Das aber gibt zu denken. Es ist vorstellbar, daß an Inselböschungen Gleitungen in dem Ausmaße möglich sind. Doch kann man damit nicht den ligurischen Bau erklären. Man muß mit Steinmann annehmen, daß die Liguriden ihre weite Verbreitung über den ganzen Apennin tektonischem Transporte verdanken, also eine Schubmasse bilden. Daß dies der Fall ist, lehren eindringlich die Profile bei Livorno, bei Figline, besonders aber die um Bobbio. Auf der Fahrt von Piacenza nach Bobbio konnte ich erkennen, wie die Liguriden auf Alberese liegen, also auf dem obersten toskanischen Schichtenglied. Auf der Strecke von Travo bis Bobbio kann man auf eine Länge von 20 *km* die Liguriden auf Alberese liegen sehen. Diese Verhältnisse hat Ludwig im Profil an der Ponte Barberino, besonders aber an den Sassi neri bestätigt. Da liegt über toskanischen Alberese Ligurikum. Es besteht aus typischem Glimmersandstein, aus Serpentin, aus Konglomerat mit Granitgeröllen, aus Granitschollen. Hier fehlen die Radiolarite. Wir haben sie aber in anderen Profilen in großer Mächtigkeit gesehen, so im Monte nero bei Livorno, im Monteferrato bei Figline, dann im Profil von Isola—Rovegno. Hier finden sich auch Konglomerate, die an Gosaukonglomerate erinnern. Steinmann hält diese Gesteine für Mylonite.

Ein sehr interessantes ligurisches Profil zeigte Steinmann auf dem Wege von Aulla nach Bibola. Das Ligurikum ist hier in der Art entwickelt, wie sie in der »bosnischen Flyschzone« vorhanden ist. Die ganze Landschaft ist rot, braun, grün gefärbt, besteht aus den verschiedenen grünen Gesteinen, aus Spiliten, Eruptivbreccien, aus Ergüssen mit deutlicher Blockstruktur. Radiolarite finden sich. Alle diese Gesteine sind in Schiefermassen vom Typus der Argili scagliosi eingebettet. Konglomeratische Massen stellen sich ein. Man denkt an Gosauverhältnisse.

So erscheinen in den Liguriden im allgemeinen andere geologische Bilder als wir sie im Apennin zu sehen gewohnt sind. Man bekommt den Eindruck, als läge im Ligurikum ein Gebiet vor, das dem der Gosau gleicht, insofern als hier im Innern der apenninischen Geosynklinale in der Kreidezeit bereits Deckenwanderungen

sich vollzogen haben. Jedenfalls haben große Dislokationen stattgefunden. Dafür sprechen die basischen Ergüsse und Intrusionen. Dafür sprechen die konglomeratischen Massen. Ihr Alter ist nicht bekannt. Doch kann man bei Isola—Rovegno z. B. sehen, daß rote, scagliaähnliche Schiefer das Bindemittel der Konglomerate bilden. Sind diese Liguriden unter- oder jungkretazisch disloziert, dann kann man auch verstehen, daß sie in der Folgezeit bei ihrer Wanderung über das toskanische Gebiet ihre Gesteine in Toskanikum einschütteten. So liegen bei Monzumano ligurische Granitkonglomerate im Flysch der Kalktongruppe. Bei Figline schwimmt in der gleichen Serie eine Serpentinscholle, die sedimentär zu sein scheint. Davon war früher schon die Rede.

Ligurikum ist noch auf Elba vorhanden. So kann die Wurzel dieser Zone nun hier oder westlich davon in der Tyrrhenis liegen.

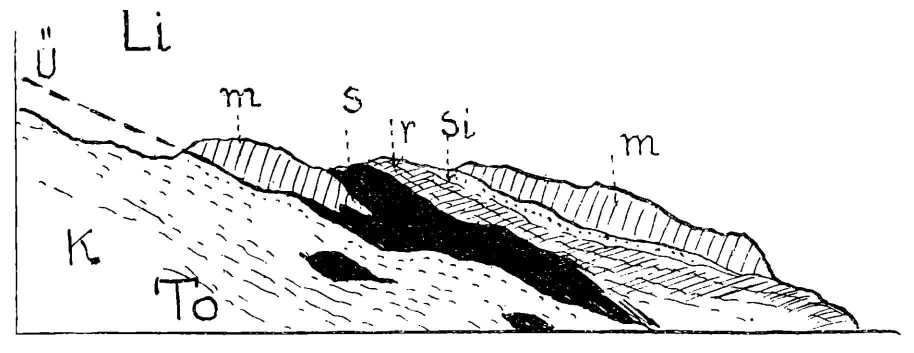


Fig. 2. Profil von Figline. *To* = toskanische Knollentone, in denen oben Serpentine schwimmen. Über der Überschiebungslinie *Ü* liegt die ligurische Serie (*Li*). *m* = Majolika, *r* = Radiolarit, *Si* = graue Schiefer, Serpentin und Gabbro (*S*).

Ich kenne die Verhältnisse in Korsika nicht, um darüber bestimmte Vorstellungen aussprechen zu können.

Sicher ist für den Apennin, daß das Ligurikum die höchste Decke bildet. Sie hat viel Ähnlichkeit mit den inneren Zonen der Alpen, der Dinariden. Die Klippen von Radiolarit, grünen Gesteinen, von Granit erinnern auch an die Verhältnisse der Schweizer Klippen (Iberg).

Anderseits bestehen sicherlich Ähnlichkeiten mit der innersten dinarischen Zone Bosniens, der Schieferhornsteinzone, wie ich 1914 schon aussprechen konnte.

Die Liguriden sind in ihren heutigen Vorkommnissen nur mehr geringe Reste einer ehemals mächtigen Schubmasse, die über Toskanikum hinwegbewegt worden ist. Bei Sonino (Livorno) liegt Ligurikum auf Macigno. Nicht weit davon ist bereits aber wieder die Kalktongruppe vorhanden. Bei Bobbio ist die Unterlage des Ligurikum Alberese. Bei Figline liegt ligurischer Gabbro und Radiolarit mit Majolika auf der Kalktongruppe. Häufig zeigt gerade diese

intensivste tektonische Beanspruchung. Dazu steht im Gegensatz die oft so flache Lagerung des Alberese. Steinmann ist daher der Ansicht, daß der Alberese erst nach der Deckenbildung entstanden sei. Ich kann dieser Auffassung für gewisse Profile nicht folgen und stimme da den Italienern zu, die Alberese in den Apenninbau ebenso einbeziehen wie etwa Macigno.

Die Schichtenfolge der Liguriden umfaßt: Argili scagliose, Radiolarite und Majolika, dann die Glimmersandsteine. An anderen Profilen treten Konglomerate auf. Granite finden sich in Schollen. Die grünen Gesteine zeigen die Eruptionsfolge: Serpentin, Gabbro, Spilit. Es sind Intrusiva und Effusiva vorhanden. Aus den Liguriden des Apennin ist jedenfalls die Trias, der tiefere Jura, dann Macigno, Kalktongruppe und Alberese nicht bekannt. Die Liguriden sind »Klippen« von Radiolarit usw., die in einer »Klippenhülle« zu stecken scheinen. Das Ganze ist durchsetzt von grünen Intrusionen und auch überdeckt von Effusionen.

Die geologische Geschichte des ligurischen Deckungsgebietes ist in bezug auf seine jungmesozoischen Vorgänge anderer Art als die des Toskanikum. Das rechtfertigt, die Liguriden als selbständige Zone abzuscheiden. Die Liguriden sind übrigens jene Zone der apenninischen Geosynklinale, in der sich die Gebirgsbildungen zuerst und mit großer Heftigkeit bemerkbar machen. Die Liguriden sind die innerste apenninische Region mit wahrscheinlicher Gosaugebirgsbildung. Liguriden liegen der alpin-apenninischen Narbe daher am nächsten. So versteht man auch den heftigen Vulkanismus dieses Gebietes.

III. Die Decken der Alpen zwischen Savona und Genua.

Im Anschlusse an diese Apenninexkursion führte Termier in das Krystallin von Savona, das er als ligurisches Krystallin bezeichnet. Termier und Boussac konnten 1912 den Nachweis erbringen, daß um Savona zwei Serien vorhanden seien.

Eine weitere Exkursion brachte uns in die Zone von Voltri. Endlich verquerten wir von Ronca gegen Voltaggio die alpin-apenninische Grenzregion. Alle diese Exkursionen waren sehr lehrreich.

Meine Beobachtungen und Erfahrungen lassen mich in dem begangenen Gebiete folgende Serien unterscheiden:

Zu tiefst liegt zweifellos **das metamorphe Permocarbon**. Die Metamorphose ist überraschend hoch. Die Gesteine haben vielfach den Charakter von Quarzphylliten.

Darüber folgt **der Granitmylonit von Savona**. Mit ihm treten auch Amphibolite und Gneise auf. Man muß Termier zustimmen, wenn er die Mylonitisierung dieser Granite besonders betont. Das ist ein Gesteinstypus, wie er sich im Pennin nicht findet. So kommt Termier zur Vorstellung, er sei »extraalpin«, er sei ein »dinarischer Keil«, der sich zwischen Alpen und Apennin einschiebe.

Auf dem Granit liegt Verrucano und darüber Trias. Darüber folgen grüne Gesteine und Schistes lustrés. Termier glaubt, daß der Granit sowohl vom metamorphen Permocarbon als auch von dem aufliegenden Mesoikum durch Überschiebungsflächen getrennt sei. Der Granit läge so, weit hergeschoben, wie ein Keil zwischen fremden Massen.

Die Savonagranitmylonite erinnern an die Granitmylonite der unterostalpinen Zone, z. B. an den Mauterndorfer, an den Antholzer Granit. Auch das Mesozoikum ist nicht penninisch. Bei Vetrieria sahen wir typische Schistes lustrés mit Serpentin unter dem Granit einfallen. Auch die Verhältnisse um Corona haben mir nicht Klarheit gebracht, daß der Granit unter die Schistes lustrés des Ostens einfalle.

Ich teile mit Termier die Auffassung, daß dieser Granitmylonit nicht in das Pennin gehört und möchte denken, ob er nicht eine unterostalpine Deckscholle sein könne, die von O, aus der Zone von Sestri Ponente gekommen ist.

Diese Frage wird man klären können, wenn einmal die »Gruppe von Voltri« genauer studiert wird. Bis das der Fall ist, könnte man der Auffassung von Rovereto zustimmen, der das Permocarbon und den Granitmylonit mit der Zone des Monte Rosa, mit den Gesteinen der Dora Maira in Zusammenhang bringt. Das wäre eine plausible Lösung. Wenn sie zutrifft, dann entspricht die östlich folgende Zone der Schistes lustrés dem Pennin der Alpen, das zwischen Monte Rosa und der Dent Blanche liegt, beziehungsweise dem Unterostalpin.

Auf der Strecke von Vorazze bis Voltri folgt nun diese Zone, die aus **Schistes lustrés** und grünen Gesteinen aufgebaut ist. Es ist dies jedenfalls **die Zone von Voltri** im engeren Sinne der italienischen Geologen. Ich habe diese Gesteine nicht gesehen, kann also darüber nichts aussagen. Jedenfalls müssen wir nach allem, was in der Literatur über diese Zone vorliegt, annehmen, daß hier echtes Pennin herrscht, und zwar hochpennin, wie es immer über der Monte-Rosa-Serie liegt.

In die Gruppe von Voltri werden auch alle Gesteine einbezogen, die östlich Voltri bis Genua, bis zum eigentlichen Apennin vorkommen. Ich möchte **diese Sestri-Ponente-Serie** als eigene Zone betrachten und in ihr unterostalpine Elemente sehen. Diese Sestri-Ponente-Zone läßt sich als typische Schollenregion bis Voltaggio erkennen. Östlich von ihr folgt dann bereits echter Apennin. Östlich der Sestri-Ponente-Zone liegt also die alpin-apenninische Grenze.

Die Begehungen zeigen eine ausgesprochene Schollenregion. Gabbro und Serpentin tritt auf. Dazu kommen Schollen von Trias. Vielfach finden sich wenig metamorphe Schiefer von Schistes-lustrés-Fazies. Dazu kommen Breccien. Unterhalb der Madonna di Guardia fand ich in einem Graben rote Schiefer von Radiolarittypus. Diese

Gesteine kommen auf der Ostseite des Berges wieder heraus. Sie werden von Spilit überlagert.

Bei Voltaggio steht die Schollenregion fast senkrecht. Auf dem Wege von hier nach Pontedecimo sieht man die Trias von Isoverde steil nach SW einfallen. Die Trias von Patri fällt dagegen ostwärts. Das gleiche Fallen zeigen die Gesteine des Monte Figogna bis Pontedecimo, wo wir bereits im apenninischen Kalktonflysch uns befinden. Die Trias der Madonna del Gazzo soll antiklinalartig aus den Schistes lustrés aufragen. Diese Trias ist ein fremdes Glied in den Schistes lustrés. Fremd für Pennin erscheint auch die stellenweise so heftige Mylonitisierung, die Serpentine zu »Serpentinschiefern« umwandelt.

Wenn ich nach meinen Erfahrungen diese Schollenregion bestimmen darf, so nenne ich sie unterostalpin. Bei Heiligenblut in Kärnten, in der Moharzone, über dem Pennin der Tauern und unter dem Krystallin der Ostalpen habe ich die gleiche Melange von grünen Gesteinen, von Trias, von Schiefern.

Solange nicht das Gegenteil bewiesen wird, werde ich, auf meinen eigenen Beobachtungen fußend, annehmen, daß hier, auf der Strecke von Sestri Ponente bis Voltaggio, eine unterostalpine Schollenregion vorhanden ist. Sie liegt über dem Pennin von Voltri. Sie grenzt unmittelbar an den Apennin, an Ligurikum, wo dieses fehlt, an Toskanikum, an die Kalktongruppe.

IV. Die Grenze von Alpen und Apennin.

So sind wir auf dem Wege von Florenz über Savona an die Grenze von Alpen und Apennin gelangt. Gibt es eine solche? Wer die Verhältnisse halbwegs richtig sehen kann, muß diese Grenze anerkennen. Man kann in der Natur nicht die Hand auf die alpin-apenninische Narbe legen. Doch man kann sagen:

Hier, in dieser Zone, ist die Grenze. Von hier gehen die alpinen Decken gegen W, die apenninischen gegen O. Hier werden Baupläne geschieden. Hier liegt eine Narbe vor. In ihr erscheinen die Massen der grünen Gesteine. In ihr finden wir die Schollenregion der Alpen, in ihr die Schollenregion des Apennin, die Liguriden. Fehlen diese, dann grenzt der toskanische Kalktonflysch direkt an die Schollenregion von Sestri. Das kann man bei Pontedecimo sehen. Toskanider Kalktonflysch ist westlich von Ronca noch um Castagnola aufgeschlossen. Er trägt Klippen von ligurischem Spilit. Gegen S und SW zu scheinen diese so typischen ligurischen Gesteine in die Tiefe der Narbe zu tauchen. Bis in die Nähe von Voltaggio ist toskanider Flysch zu erkennen. In Voltaggio selbst stehen wir in der Schollenregion. Da stoßen wir auf Trias, auf grüne Gesteine, auf Schiefer von Schistes-lustrés-Typus. Vielleicht wird man in dieser Schollenregion noch Altkrystallin finden. Dann wird die Verschiedenheit dieser Zone gegen den Apennin noch schärfer hervortreten.

Um sich die Schärfe der Grenze vor Augen zu halten, muß man die Serien O und W der Narbe vergleichen. Man muß Toskanikum und Ligurikum der Schollenregion von Sestri Ponente der Schistes-lustrés-Zone von Voltri gegenüberstellen. Im O ist Eozänflysch in den Deckenbau einbezogen. Wo ist der in Voltri? Wo sind hier die Konglomerate des Ligurikum? So könnte man noch manche Verschiedenheiten besonders betonen.

Man muß nach allen diesen Beobachtungen Rovereto beistimmen, wenn er hier eine scharfe Grenze macht und sagt, daß kein Übergang von den Schistes lustrés in den Apenninflysch vorhanden ist. Gewiß hat Termier Recht, wenn er von einem allmählichen Abklingen der Metamorphose der Schistes lustrés in den Apenninflysch spricht. Eine derartige »passage latérale« der Metamorphose ist vorhanden. Das kann gar nicht anders sein, wo doch schieferige Gesteine die Narbe begrenzen. Aber die Schistes lustrés liegen westlich der Schollenregion von Sestri Ponente, diese liegt westlich der Narbe. Östlich von dieser kommen wir in das Ligurikum, in das Toskanikum des Apennin. Alle Gesteine streichen N—S. Nirgends kann man sehen, daß die alpinen Zonen diese Grenze queren.

Aus dieser Narbe steigen die Decken empor und legen sich in den Alpen nach W, im Apennin nach O um. Wir stehen im Scheitel des orogenen Fächers. Es ist hier der gleiche Bauplan vorhanden, wie wir ihn in den Ostalpen an der Grenze gegen die Dinariden finden. Ist in den Westalpen dieser echt orogene Bauplan verwischt, so ist er doch vorhanden. Er ist bei Genua wieder deutlich zu erkennen.

Natürlich geht dieser Bauplan hier nicht zu Ende. Er setzt ohne Zweifel weiter nach S fort. Auf Elba erscheinen nach Termier alpine Baupläne. Dort ist noch Ligurikum zu erkennen. Dort treten auch die jungen Granite auf, wie wir sie im Bergeller Massiv, aus dem Bachergebirge kennen. So spannt sich eine Leitlinie vom Bachergebirge bis Elba. Sie fällt mit der Grenzlinie zusammen, die die orogenen Stämme scheidet.

Wir brauchen zu keinen komplizierten Bauplänen greifen und Rückfaltungen annehmen von solchen Dimensionen, daß sie größer werden als die Vorfaltungen. Warum man gerade immer zum Komplizierten greift, wo das Einfache so nahe liegt. Und das ist: Der Apennin ist die Fortsetzung der Dinariden.

Diese Lösung habe ich 1911 und 1914 schon vorgeschlagen und ich werde angesichts der Tatsachen an dieser Anschauung weiter festhalten und wie bisher glauben, daß im Ligurikum Elemente erscheinen, die wir auf der Innenseite der Dinariden von Bosnien bis nach Nordsyrien, bis in den Taurus verfolgen können.

Damit ist die Einheitlichkeit dieser Zone, des ganzen Stammes, aufs deutlichste nachgewiesen.

Anderseits ist doch wieder klar, daß das Ligurikum Ähnlichkeit hat mit den oberostalpinen Klippen der Schweiz (Iberg).

Diese Auffassungen ließen sich bis zu einem gewissen Grade binden, da für den O seit langem gesagt werden konnte, daß das Obere oder Hochostalpine und das Hochdinarische einem größeren Bezirke angehören.

Ein Problem ist meines Erachtens nach im alpinen Gebiet um Savona zu lösen. Das ist die Frage nach der Stellung des Granits von Savona. Gehört er zur Monte-Rosa-Decke oder ist er ostalpin. Dann könnte er Dent-Blanche-Decke sein, die ich als unterostalpin betrachte. Staub scheidet in seiner Karte den Savonagranit als Dent Blanche-Decke aus. Auch meine Beobachtungen an Ort und Stelle weisen auf Unterostalpin. Diese Frage ist jedenfalls zu klären. Ist dies geschehen, dann kann man ein sicheres Profil zeichnen. Derzeit bestehen für diesen Anteil, wie gesagt, zwei Möglichkeiten. Nach diesen ließen sich folgende zwei Alpen-Apennin-Profile zeichnen:

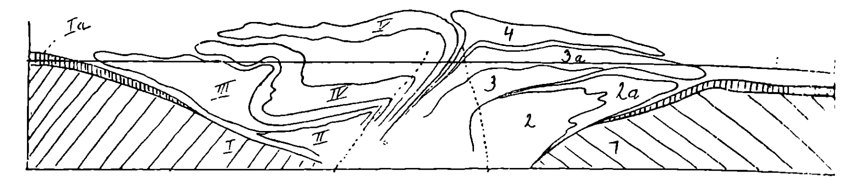


Fig. 3.

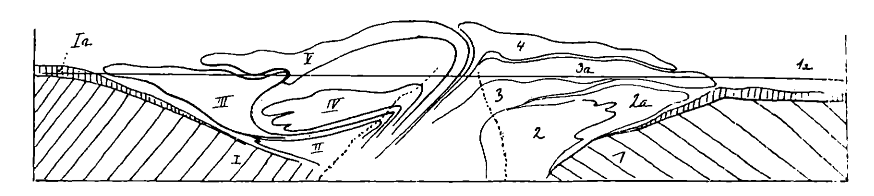


Fig. 4.

Erklärung zu Fig. 3 und 4. Diese Skizzen sollen das Verhältnis von Alpen und Apennin zeigen und den Deckenbau der beiden Gebirge. Die Profile gehen von Castelvechio über Savona und Ronca nach Bobbio und Piacenza. Links (W) sind die Alpen, rechts ist der Apennin. In den Alpen bedeutet: I = das Vorland. I*a* = dessen Mesozoikum. II = die Decken des Simplon. III = Bernharddecke. IV = Monte-Rosa-Decke. V = Decke der Dent Blanche und der Zone von Sestri Ponente. Zwischen IV und V liegen die Anhäufungen von Schistes lustrés der Gruppe von Voltri. Im Apennin bedeutet: 1 = das Vorland. 1*a* dessen Mesozoikum. 2 = Krystallin der Serie von Carrara. 2*a* = dessen Mesozoikum. 3 = Krystallin der Toskaniden. 3*a* = deren Mesozoikum. 4 = Liguriden. Die punktierte Linie bedeutet den jungen Vulkanismus in der Narbenregion. Die beiden Profile unterscheiden sich in der Auffassung des Granits von Savona. In Fig. 3 ist der Granit nach der Auffassung von Rovereto als Monte-Rosa-Decke gezeichnet. In Fig. 4 wird er zur unterostalpinen (Dent-Blanche-)Decke gerechnet.

V. Literaturangaben.

Allgemeines.

Sacco, F., L'Apennino settentrionale e centrale, mit geologischer Übersichtskarte 1 : 500.000, Torino 1904.

Lotti, B., Geologia della Toscana, mit Übersichtskarte 1 500.000, Mem. desc. Cart. geol. It. XIII, 1910.

Du Riche Preller, Italian Mountain Geology Pt. I & II, 3th ed., London 1924.

4. Lencewicz, St., Profile geologiczne prerz Apennin Toskanski C. R. Soc. sc. Vars., 1917.

Steinmann, G., Alpen und Apennin. Ztschr. dt. geol. Ges. 59, Monber. 8/9, 1907. Über Tiefenabsätze des Oberjura im Apennin. Geol. Rundschau 4, 1913.

— Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundschau 16, 1925.

8. Carta geologica dell Regno d'Italia 1 1 Mill. nördl. Blatt.

9. Kober, L., Die Bewegungsrichtungen der alpinen Deckengebirge des Mittelmeeres, Pet.-Geogr. Mit., 1914.

10. — Alpen und Dinariden. Geol. Rundsch., 1914, V., p. 175.

Franchi, S., Le »arenarie di Annot« e la sona ad »*Helminthoidea*« nell'Eocene delle Alpi marittime e dell'Apennino Genovese, p. 233. Boll. R. Com. geol. It., 1915, XLV.

12. Segrè, C., Condiz. geog. d. due grande Sbarramenti nello Apennino Emiliano e Piacentino. Soc. geol. Ital., XLII, 1923, 3/2.

13. Sacco, F., Le Regione petrolif. delle Emilia. Boll. Soc. Geol. Ital., XLII, 1923, fasc. 3, part. 2*a*.

14. Termier, P., Sur le pays de Savone a propos d'une note récente de G. Rovereto. Bull. Soc. géol. franc. 4e sér., XXVI, p. 15—20, 1926.

15. Rovereto, G., Nuove osservazioni sul massiccio cristallino di Savona. Rendiconti della R. Accad. naz. Linc., classe fisiche, vol. I., ser. 6, fasc. II.; 1925.

16. Staub, R., Der Bau der Alpen, Beitr. Geol. Schweiz. N.F. 52, 1924.

17. Tilmann, N., Tektonische Studien in der Catena metallifera Toscanas. Geol. Rdsch., XVII*a*, 1926.

Monte Pisano und Apuaner Alpen.

18. Ugolini, R., Descrizione Geologica del Monti D'Oltre Serchio, Pisa 1905. Mit geologischer Karte 1 : 25.000 und Profilen.

19. Fucini, A., Studii geologici sul Monte Pisano, Catania Atti ac Gioen Sc. Nat. Ser. 5 Vol. 14, 1924/25. Mit geologischer Karte 1 15.000 und Profilen.

20. Tilmann, N., Tektonische Studien in der Catena metallifera Toscanas, Steinmann-Festschrift, 1926.

21. Zaccagna, Note Illustrative della Carta Geologica delle Alpi Apuane, Rom, 1920.

22. Carta geologica della Toscana 1 :100.000, Blatt Pisa, Nr. 104, Blatt Lucca Nr. 105.

23. Carta geologica delle Alpi Apuane 1 50.000, vier Blatt und drei Profiltafeln, Rom 1895.

24. Carta Geologica delle Alpi Apuane 1 25.000, Rom 1918. Blätter: M. Sagro, Massa, Pietrasanta, Sarzana, Ameglia.

Ligurien.

25. Issel, A., Liguria Geologica a preistorica Genova 1892.

26. Mazzuoli ed Issel, Carta Geologica della Liguria, 1 200.000.

27. — Nota sulla zona di coincidenza delle formazioni offiolitiche eocenica e triasica della Liguria occidentale. Mit Karte. Boll. Com. Geol. It. 1884.

28. Mazzuoli, L., Formazioni uffiolitiche della Riviera di Levante. Boll. R. Com. Geol. 1892.

29. Rovereto, G., Geomorfologia delle valli Liguri. Atti R. Univ. Genua 18, 1904.

30. — La zona di Ricoprimento dell Savonese etc. Boll. Soc. geol. It. 28, 1909.

31. — Note al rilevamento geologico dei fogli Rappalo e Chiavari. Boll. geol. It. 42/44, 1923/25.

32. Taramelli, T., La formazione serpentinosa nell'apennino pavese. Mem. R. Ac. Linc. 1879.

33. — Descrizione geologica della provincia di Pavia. 2. ed. 1916.

34. Termier ed Boussac, Le massiv cristallin Ligure. Bull. Soc. geol. Fr., 4 ser. t. XII, 1912.

35. — Sur l'existence dans l'apenin ligure au N. O. de Gènes d'un passage latérale de la série cristall. etc., C. R. Ac. Sc., t. 162, 1911.